



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



IARA SANTOS E SILVA

OBTENÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS PELA FERMENTAÇÃO

Patos de Minas
2021

IARA SANTOS E SILVA

OBTENÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS PELA FERMENTAÇÃO

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Liliane Maciel de Oliveira

Coorientador: Prof.^a Dr.^a Líbia Diniz Santos

Patos de Minas
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Química

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1K - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4285 - secdireq@feq.ufu.br - www.feq.ufu.br



HOMOLOGAÇÃO Nº 44

IARA SANTOS E SILVA

Obtenção de Cafés Especiais pela Fermentação

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado nesta data para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - *campus* Patos de Minas (MG) pela banca examinadora constituída por:

Prof.^a Dr.^a Liliane Maciel de Oliveira
Orientadora - UFU

Prof.^a Dr.^a Carla Zanella Guidini
UFU

Eng.^a Ludmilla Janne Carvalho Ferreira
UFU

Patos de Minas, 18 de junho de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Liliane Maciel de Oliveira, Presidente**, em 18/06/2021, às 10:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carla Zanella Guidini, Membro de Comissão**, em 18/06/2021, às 10:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ludmilla Janne Carvalho Ferreira, Usuário Externo**, em 18/06/2021, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2836632** e o código CRC **0841F055**.

AGRADECIMENTO

Pela conclusão deste trabalho, gostaria de agradecer primeiramente a Jesus, Maria e José por toda benção, força, ânimo e coragem que me ofereceram para ter alcançado minha meta nesta fase tão especial da minha vida.

Agradeço à minha família, meus pais Keithy e Claiton e meus irmãos Ingrid, Isadora, Isabel e Igor, meu cunhado Luiz e aos meus amigos Isadora e Fábio, porque foram eles que me incentivaram e inspiraram através de gestos e palavras a superar todas as dificuldades.

Ao meu namorado Luiz Felipe pelo imenso apoio, companheirismo, paciência e pelas palavras de incentivo, que fizeram total a diferença nessa reta final.

Este trabalho não seria possível sem a ajuda fundamental da minha orientadora professora Dr^a Liliane Maciel de Oliveira e da minha coorientadora professora Dr^a Líbia Diniz Santos, cuja dedicação e conhecimento compartilhados comigo foram de extrema importância para a conclusão deste projeto.

Agradeço também aos membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite.

E à todas as pessoas que de uma alguma forma me ajudaram a acreditar em mim eu quero deixar um agradecimento eterno.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Trajetória do café no Brasil.....	10
Figura 2: Diferentes estágios de maturação dos frutos (verdes, maduros, passas e secos), presentes no café colhidos	12
Figura 3: Fruto do café e suas partes	13
Figura 4: Principais tipos de defeitos intrínsecos dos grãos que comprometem a qualidade sensorial do café	15
Figura 5: Principais tipos de defeitos extrínsecos dos grãos que comprometem a qualidade sensorial do café	16
Figura 7: Pontuação dos cafés segundo a SCA	19
Figura 8: Fluxograma de Processamento e Beneficiamento do Café	22
Figura 9: Fluxograma das etapas de fermentação.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados obtidos a partir da utilização do inóculo <i>Saccharomyces cerevisiae</i> em café cereja e café cereja descascado em diferentes tipos de fermentação	32
Tabela 2: Ácidos orgânicos produzidos por processos de fermentações inoculados com diferentes culturas iniciadoras	35
Tabela 3: Mudanças do sabor do café por meio de fermentação induzida utilizando diferentes culturas iniciadoras	38
Tabela 4: Pontuações do método SCA aplicadas em fermentações induzidas utilizando diferentes inóculos	40

|

RESUMO

O Brasil é uma das potências mundiais na produção e exportação de café. Os grandes benefícios econômicos conseguidos através de sua produção fazem com que, de maneira crescente, ocorra a produção de cafés especiais. Os cafés especiais são aqueles que atingem 80 ou mais pontos em uma escala sensorial de pontuação de 0 a 100 utilizando a metodologia proposta pela *Specialty Coffee Association* (SCA). Os complexos que conferem sabor e aroma da bebida café são provenientes da presença de vários constituintes químicos voláteis e não voláteis, responsáveis pela qualidade do mesmo. Inúmeros fatores pré e pós-colheita influenciam na produção destes componentes, dentre esses fatores está a fermentação. A qualidade do café pode ser aperfeiçoada através do uso de culturas iniciadoras que atuam durante a fermentação, influenciando diretamente as características da bebida final. Partindo da relevância de conhecer os parâmetros que influenciam a qualidade do café, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sobre o processo de fermentação do café, a fim de obter bebidas da mais alta qualidade do mercado. Estudos demonstraram que a fermentação é influenciada pelo microrganismo utilizado, pela variedade do café, pelo processamento e pela forma de condução da fermentação. As culturas iniciadoras mais estudadas são constituídas por leveduras e bactérias, com prevalência para a *Saccharomyces cerevisiae*. Dependendo do microrganismo utilizado e da via de processamento, observa-se alterações na produção de ácidos orgânicos e de proteínas presentes, o que pode influenciar no sabor e aroma final da bebida. Observou-se também que o uso do mesmo microrganismo para variedades diferentes da bebida resultou em bebidas com qualidade sensoriais diferentes, avaliadas pela metodologia da SCA. A descrição sensorial obtida pela mesma variedade de café que passou pelo mesmo processamento também mudou com o microrganismo utilizado. Os estudos apresentados nesta revisão mostraram como o estágio de fermentação influencia na qualidade final da bebida, como é possível obter cafés com diferentes características por meio do uso de culturas *starter*, e que a fermentação deve ser bem determinada. A principal razão para este exposto, do conhecimento prévio e técnico é a possibilidade de se obter cafés de qualidade e de destaque, colocando o Brasil em destaque em nível mundial.

Palavras-chave: cafés especiais, processamento do café, fermentação, culturas iniciadoras.

ABSTRACT

Brazil is one of the most powerful countries when it comes to coffee production and exportation. The considerable economic benefits achieved through its production mean that, increasingly, the production of specialty coffees takes place. Specialty coffees are the ones that reach 80 or more points on a sensory scale, from 0 to 100, using the methodology proposed by the Specialty Coffee Association (SCA). The complexes that impart flavor and aroma to the coffee drink come from the presence of several volatile and non-volatile chemical constituents responsible for its quality. Numerous pre-and post-harvest factors influence the production of these components, and among these factors is fermentation. Coffee quality can be improved by starter cultures that act during fermentation, directly influencing the characteristics of the final beverage. Based on the relevance of knowing the parameters that influence the coffee quality, this study aims to conduct a review of the coffee fermentation process to obtain the highest quality beverages on the market. Studies have shown that fermentation is influenced by the microorganism used, the variety of coffee, the processing, and the way the fermentation is conducted. The most studied starter cultures are constituted by yeasts and bacteria, with predominance for *Saccharomyces cerevisiae*. Depending on the microorganism used and the processing route, changes were observed in the production of organic acids and protein presented, which could influence the final flavor and aroma of the beverage. It was also observed that the use of the same microorganism for different beverage varieties resulted in beverages with different sensory quality, evaluated by the SCA methodology. The sensory description obtained by the same type of coffee that underwent the same processing also changed with the microorganism used. The studies presented in this review showed how the stage of fermentation influences the final quality of the beverage. It also showed how it is possible to obtain coffees with different characteristics through the use of starter cultures and that fermentation must be well determined. The main reason for this exposure, the prior and technical knowledge is the possibility of obtaining quality and outstanding coffees, placing Brazil in the spotlight on a world level.

Keywords: specialty coffees, coffee processing, fermentation, starter cultures.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. Objetivos específicos	9
3. METODOLOGIA.....	10
4. REVISÃO DA LITERATURA	10
4.1. O Café	10
4.2. Cafés especiais	14
4.3. Produção de café especial	19
4.4. Processamento do café	20
4.5. Fermentação do café	25
4.6. Culturas iniciadoras do café	28
5. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma participação de 30% de mercado internacional, fazendo com que seja o maior produtor mundial de grãos de café e o terceiro maior consumidor do mundo. Em 2020, as exportações dos Cafés do Brasil atingiram o maior volume de sua história, cerca de 44,5 milhões de sacas de café de 60kg, somados cafés verde, solúvel e torrado e moído, representando um aumento de 9,4% em relação às exportações brasileiras de café em 2019 (CCCMG, 2021; COLTRO et al., 2006).

O café é um dos produtos agrícolas mais consumidos e comercializados em todo o mundo, atingindo anualmente um crescimento de 1,5% a 2%, podendo chegar ao final de 2020, o consumo global de café, a 173 milhões de sacas de 60 kg (BRASIL, 2020). Entre as culturas comerciais de grande importância econômica na América Central, está o café arábica (*Coffea arábica* L.), nesta região, os países têm uma antiga reputação de produção de café de alta qualidade (VAAST et al., 2006). Em 2019, o Brasil exportou café para 128 países, resultando em 40,6 milhões de sacas de 60 kg comercializadas, o que correspondeu a uma circulação de US\$ 5,1 bilhões, um recorde histórico (BRASIL, 2020). Apesar de ser um dos líderes em produção de café, abastecendo cerca de um terço da produção mundial e ficando entre os cinco maiores consumidores, a área de café no Brasil vem apresentando redução. Mas essa conduta tem sido neutralizada pelo aumento na produtividade devido ao avanço tecnológico na produção de café nos últimos anos (PEREIRA et al., 2017).

O café pode ser caracterizado por seus diversos atributos e a sua qualidade está relacionada à vários fatores, como a espécie e variedade; elementos genéticos, ambientais e culturais; a altitude e latitude; composição química e física do grão; a pluviosidade e as diferentes técnicas de cultivo; métodos de processamento; conservação e controle de umidade dos grãos (GUIMARÃES, SOUZA, SCHIAVI, 2020; KIST, 2019; SANTOS, SIMÃO, 2015).

A denominação “cafés especiais”, criada pela *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), surgiu para classificar cafés com alto padrão de qualidade. O significado de café especial vai muito além de somente ser um café gourmet ou superior. Existem parâmetros técnicos de avaliação e, segundo a classificação da *Specialty Coffee Association* (SCA), antiga SCAA, o café deve ser avaliado por meio de uma degustação

feita oficialmente por um *Q-Grader (Arabica Quality Grader)* certificado pelo *Coffee Quality Institute (CQI)*, que é um profissional especializado na degustação e classificação de cafés. Considera-se o café como especial quando a pontuação mínima de 80 pontos é atingida após a degustação. Os grãos livres de impurezas, defeitos e que possuem características sensoriais diferenciadas recebem uma pontuação acima de 80 pontos (BSCA,2020; SENAR, 2017).

Além dos fatores que interferem na qualidade, como a temperatura, a altitude e procedimentos realizados pós-colheita, a fermentação é um método em que leveduras e bactérias se desenvolvem afetando diretamente, positiva ou negativamente, a qualidade da bebida. A fermentação positiva pode ocorrer naturalmente ou através da utilização da tecnologia de fermentação controlada do café, desse modo são produzidas bebidas com sabores e aromas especiais como os doces, cítricos e frutados que adicionam valor e qualidade ao produto. Entretanto, a qualidade da bebida pode ser afetada drasticamente devido a fermentações degradáveis que produzem ácidos indesejáveis, como, por exemplo, o ácido butírico e o ácido propiônico. A cafeicultura atual apresenta um aumento na produção de cafés com características diferenciadas e de alta qualidade, e o controle da fermentação pode ser uma ótima estratégia para o produtor aumentar sua renda e agregar valor ao seu café (CHALFOUN, CARVALHO, 1997; RODRIGUES, CUNHA, ALMEIDA, 2020).

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico em relação aos fatores que interferem na qualidade da bebida e das condições utilizadas na fermentação do grão de café para obtenção de uma bebida de qualidade.

2.1. Objetivos específicos

- Realização de uma breve revisão sobre o café, suas origens e variedades produzidas em maior escala;
- Descrever o processamento e o beneficiamento do café;

- Pesquisar, compilar e descrever as variáveis que influenciam a fermentação do café (metabólitos produzidos; uso de culturas iniciadoras; atributos sensoriais percebidos em cafés obtidos a partir de fermentações controladas).

3 METODOLOGIA

Para a organização do trabalho, foram executadas as etapas e procedimentos que possibilitassem a busca da identificação prévia bibliográfica, organização de resumo, análises e interpretação do material bibliográfico, revisão e parecer final.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1. O Café

O café tornou-se bebida para o consumo próprio no Brasil, quando suas primeiras sementes apareceram no século 18, expandindo-se para várias partes do país no século 19 transformando a economia do Brasil Colônia e Império. Até que se torne bebida, o café possui trajetórias exclusivas que depende principalmente do produtor, da região, do público consumidor, entre outros fatores. Após ser plantado e cultivado, o fruto passa por diversos processos para que seja possível a realização da torra, a partir dessa etapa, o café torrado e moído é transformado em diferentes tipos de bebidas (Figura 3).

Figura 1: Trajetória do café no Brasil



Fonte: Dos Santos Scholz, 2018.

O cenário agrícola brasileiro sofreu modificações após influências de novas condutas mundiais relacionadas à alimentação, em consequência, o mundo passou a priorizar não apenas quantidade, mas, também qualidade nos alimentos (BSCA, 2020).

O arbusto do café, que pertence ao gênero *Coffea* e à família *Rubiaceae*, produz frutos com polpa doce e fina, utilizados na indústria cafeeira para produção da bebida, cuja qualidade é um dos fatores mais relevantes e discutidos atualmente (CHALFOUN E FERNANDES, 2013).

As espécies mais importantes de café, cultivadas em larga escala nas regiões cafeeiras são *Coffea arabica* (café arábica) e *Coffea canephora* (café robusta ou conilon), sendo o café arábica com participação de 60% na produção mundial e o café robusta ou conilon com 40%, juntas representam 100% de todo o café comercializado (MATIELLO, SANTINATO, ALMEIDA, GARCIA, 2016). As plantas possuem morfologias diferentes, o que exige manejos culturais e colheitas exclusivos para cada variedade (SENAR, 2017).

O café arábica possui preços maiores devido a sua melhor qualidade em relação ao robusta, sendo esse último uma bebida neutra e frequentemente utilizada em misturas, conhecidas como “blends”. Existem também diferentes espécies cultivadas em pequenas áreas de plantio, como *Coffea congensis* e *Coffea liberica* plantadas na África e Vietnã, no qual os cafés são análogos ao robusta, e *Coffea racemosa*, dona de cheiros e gostos particulares, cultivada e apreciada em Moçambique (MATIELLO, SANTINATO, ALMEIDA, GARCIA, 2015).

Os frutos dessas espécies se encontram em diferentes estágios de maturação, frutos verdes, verde cana, cereja e frutos seco/passa. A partir da fase "verde cana" que caracteriza o início da maturação (Figura 2), os frutos começam a mudar de cor (verde para amarelo), evoluindo até o estágio "cereja", e já se pode diferenciar a cultivar de fruto amarelo ou vermelho, e em seguida os frutos começam a secar até atingir o estágio "seco" (PEZZOPANE et al., 2003).

Os grãos são formados pelo exocarpo, cuja característica é uma casca que pode variar do amarelo, vermelho alaranjado a vermelha na etapa de maturação, chamados de frutos cereja; pelo mesocarpo amarelo-branco contendo polpa e mucilagem, pelo

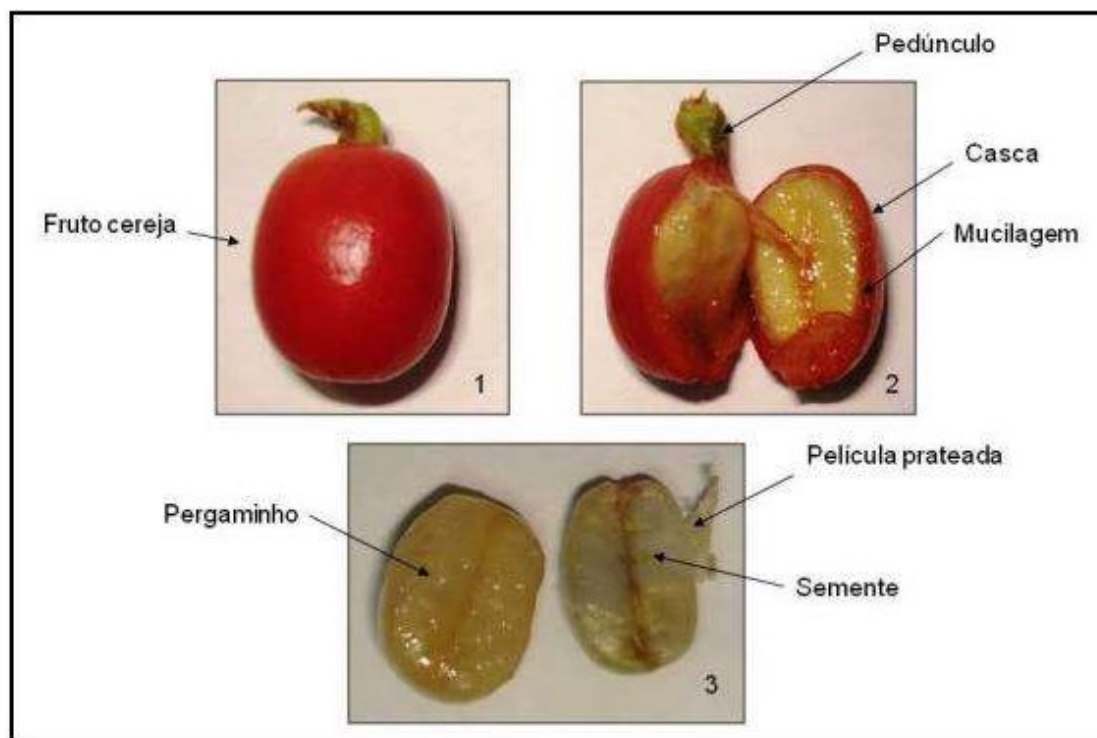
endocarpo, um pergaminho amarelo liso, pela película prateada, conhecida como tegumento, e pelo endosperma, sendo este último a semente do café (Figura 3) (PEREIRA et al., 2017). O formato do grão arábica é oval e com a cor amarelo-esverdeado, mais leve, aromático, doce e suavemente mais ácido quando comparado ao conilon. O grão conilon é arredondado e de cor marrom amarelado, mais amargo, menos aromático, com maior nível de adstringência e mais encorpado (SENAR, 2017).

Figura 2: Diferentes estágios de maturação dos frutos (verdes, maduros, passas e secos), presentes no café colhidos.



Fonte: Matiello, 2019.

Figura 3: Fruto do café e suas partes.



Fonte: Dalvi, 2011.

Pode-se relacionar a qualidade do café e da bebida do café, com as características dos frutos quanto à cor, aspecto, número de defeitos, aroma e sabor da bebida. Contudo, estes atributos são influenciados por vários fatores, especificamente: composição química do grão, sistema de cultivo, o solo e do ambiente de produção, época e método de colheita, preparo de pós-colheita, armazenamento e torração (BORÉM, 2008; FERRÃO, R. G., et al., 2018).

A colheita é uma etapa extremamente importante para a conservação das características dos frutos do café. Quando realizada antecipadamente, a quantidade de frutos verdes será acentuada, comprometendo radicalmente a qualidade da bebida, pois a grande incidência de grãos verdes, ardidos e pretos, são considerados os piores defeitos do café. Os grãos ardidos e pretos são decorrentes de uma colheita realizada tardiamente, sendo assim um aspecto negativo no produto final, além de ficarem mais sujeitos à ação de microrganismos responsáveis pelas fermentações, com produção de álcoois e ácidos que podem interferir negativamente na qualidade da bebida. Desse modo, recomenda-se a realização da colheita no momento correto, ou seja, quando a porcentagem de café cereja for a mais alta possível (FERRÃO et al., 2018).

A presença de vários constituintes químicos voláteis, como ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos, entre outros, no café, está relacionado ao seu sabor característico, que muitas das vezes é associado ao paladar. Porém, o sabor está ligado a todos os sentidos, sobretudo o cheiro. O aroma característico do café torrado também é resultado de uma série de reações térmicas como pirólise, caramelização e reações de Maillard, durante a torra, que resulta na degradação dos compostos voláteis e não voláteis do processamento pós-colheita e dos voláteis derivados termicamente (LEE, 2016, RODRIGUES, S. D. et al. 2020).

A composição química do fruto do café tem influência direta no sabor e aroma final da bebida, e esta composição varia com a espécie e com o estágio de maturação. Pimenta, Costa e Chagas (2000), ao avaliar frutos do café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estágios de maturação, revelou que os grãos colhidos na etapa de maturação cereja apresentaram um peso maior nos grãos, maiores teores de acidez titulável, de açúcares redutores, não redutores e totais. Os grãos colhidos verdes exibiram elevados teores de compostos fenólicos totais e baixos teores de acidez, de sólidos solúveis, de açúcares redutores, não redutores e totais. Os grãos colhidos no estágio secos/passas se posicionaram com menores teores de compostos fenólicos totais, sólidos solúveis e elevados teores de acidez titulável, açúcares redutores, não redutores e totais. Já os grãos colhidos no estágio verde cana mostraram valores intermediários na maioria dos parâmetros analisados.

A armazenagem também interfere na qualidade do café, deve ser controlada corretamente até a oferta ao consumidor. Dependendo das situações de armazenamento, o café poderá ter suas características iniciais modificadas, fazendo com que ocorra transformações sensoriais, bioquímicas, físicas e principalmente químicas. Para que o café possa chegar ao consumidor com a alta qualidade inicial, é necessário conhecer as alterações possíveis de ocorrer durante o armazenamento, como as alterações na cor, na matéria seca e as alterações químicas e sensoriais (BORÉM, 2008).

4.2. Cafés especiais

Nos últimos anos houve um crescimento considerável pela busca do café expresso, dos aromatizados, dos cafés de origem e dos cafés de torrefação e moagem diferenciados, o que levou a um aumento da disponibilidade desta classe de bebida no mercado interno

brasileiro. Após as exigências dos consumidores brasileiros e mundiais, a qualidade se tornou um fator cada vez mais importante, devido ao padrão fundamental da concorrência ser a qualidade no caso dos cafés especiais. A cada safra, o trabalho realizado pelos produtores de café, desde a produção até a xícara, vem ganhando o interesse dos consumidores (SENAR, 2017; PIRES et al., 2003).

O café cru possui alguns defeitos que implicam, significativamente, na análise sensorial dos cafés, desqualificando-os. Estes defeitos podem ser classificados em intrínsecos (internos) e extrínsecos (externos). Os intrínsecos são considerados os grãos de café imperfeitos, ou seja, que possuem algum aspecto diferente dos grãos sadios. Eles estão apresentados na Figura 4 e recebem o nome de: grão preto, grão verde, grão ardido, grão preto-verde, grão brocado, grão concha, grão quebrado, miolo de concha, grão chocho e grão esmagado (SENAR, 2017).

Figura 4: Principais tipos de defeitos intrínsecos dos grãos que comprometem a qualidade sensorial do café.



Grão preto



Grão verde



Grão ardido



Grão preto-verde



Grão brocado



Grão concha



Grão quebrado



Miolo de concha



Grão chocho



Grão esmagado

Fonte: SENAR, 2017.

Já os defeitos extrínsecos, como mostrado na Figura 5 são definidos como as impurezas que podem ser encontradas em uma amostra de café, ou seja, defeitos que não são do grão, como: paus, pedras, torrões e quaisquer matérias estranhas, café em coco, casca, pergaminho e marinheiro (SENAR, 2017).

Figura 5: Principais tipos de defeitos extrínsecos dos grãos que comprometem a qualidade sensorial do café.



Pedras



Paus



Café em coco



Torrões



Casca



Marinheiro

Fonte: SENAR, 2017.

Os cafés que proporcionam baixo índice de defeitos e grãos com tamanho igual ou superior à peneira 16, conhecidos como café de peneira alta, geralmente alcançam uma bebida com uma alta qualidade, além de possuírem características que os tornam mais valorizados e procurados no mercado (SENAR, 2017).

Para um lote de café ser classificado como especial, os grãos passam por avaliações que seguem o método de classificação SCA (*Specialty Coffee Association*). Neste método, os cafés devem passar por três verificações: avaliação dos grãos crus, avaliação dos grãos torrados e avaliação sensorial. A torra e o preparo da bebida seguem parâmetros e condições pré-definidas, como o tempo de torra e coloração dos grãos após este processo; moagem; antecedência necessária e/ou permitida da torra e moagem antes da degustação; pH, concentração de sais e temperatura da água, entre outros aspectos.

Na avaliação dos grãos crus são necessários 350 gramas de amostras de café verde cru. Nessa análise não são aceitos defeitos da categoria “1” (preto (totalmente), ardido (totalmente), coco (marinheiro), atacado por fungos, paus, pedras e outras impurezas e grão brocado (ataque severo)) e, no máximo, 5 defeitos da categoria “2” (preto (parcialmente), ardido (parcialmente), pergaminho, mofado, imaturo, malformado,

concha, quebrado, cortado, casca e grão brocado (ataque leve)) (SCA, 2021; SENAR, 2017).

A avaliação do café torrado é feita com uma amostra de 100 g do café e verifica-se a presença de grãos imaturos (grãos *Quackers*), caracterizados por coloração mais clara que os demais grãos. Não é permitido a presença destes grãos (SENAR, 2017).

As análises sensoriais “SCA” também são um dos parâmetros essenciais a serem avaliados e é dada pela degustação da bebida. A avaliação sensorial leva em consideração diversos atributos sensoriais, são eles: a fragrância e aroma; a uniformidade; a ausência de defeitos (fermentações indesejáveis, amargor indesejável); a doçura; o sabor; a acidez; o corpo; o equilíbrio (interação entre Sabor, Corpo e Acidez); os defeitos e a avaliação geral (SCA, 2021; COSTA, 2020).

O degustador avalia a bebida depois de ter avaliado os defeitos do café cru e torrado (COSTA, 2020). Após a degustação, o café recebe uma pontuação de 0 a 100 pontos. De acordo com o método SCA, a classificação dos cafés é feita a partir da pontuação final obtida (Figura 7). Os cafés especiais são aqueles que recebem uma pontuação que está entre 80 e 100 pontos. Produtos entre 70 e 80 pontos são considerados cafés comerciais finos. A faixa entre 60 e 70 pontos são referentes aos cafés comerciais e, por fim, bebidas que atingem de 60 pontos para baixo são considerados inferiores (SENAR, 2017).

Figura 6: Pontuação dos cafés segundo a SCA.



Fonte: SCA, 2021.

Os cafés especiais devem ter não somente uma qualidade intrínseca, mas também rastreabilidade certificada e seguir os critérios de sustentabilidade ambiental, econômica e social em todo o seu processamento, desde a plantação até a bebida (BSCA, 2020).

Segundo a *Uganda Coffee Development Authority* (2010), a espécie *C. canephora* possui critérios de avaliações específicos que seguem o Protocolo de Degustação de Robusta Finos (PDRF) a fim de padronizar as classificações da bebida ao considerar as variações características dessa espécie (UCDA, 2010). Dentro dessas avaliações existem atributos organolépticos, os principais são: fragrância/aroma; sabor; retrogosto; relação salinidade/acidez; relação amargor/doçura; sensação na boca; equilíbrio; uniformidade; limpeza e o conjunto. A nota final da qualidade da bebida de *C. canephora* é obtida a partir da soma das pontuações que varia de 0 a 10, de cada atributo avaliado individualmente (ALVEZ et al., 2020).

A superioridade dos cafés especiais é alcançada quando os produtores adotam práticas adequadas no campo e no processamento que garantem um valor agregado aos grãos. Esta superioridade é possível de ser alcançada a partir de boas condutas no manuseio da lavoura, na colheita de frutos maduros e uniformes, impedindo que grãos

com defeitos, principalmente, os grãos pretos, verdes e ardidos sejam processados, e na torra adequada dos grãos responsável pela qualidade sensorial do café (SENAR, 2017).

4.3. Produção do café especial

Os cafés especiais são cultivados em regiões importantes, que apresentam condições ambientais que afetam diretamente a qualidade do café, fazendo-a se expressar de modos diferentes. Nessas regiões com estações secas, como o Cerrado mineiro, Mogiana Paulista e Chapada Diamantina, que apresentam predomínio do bioma Cerrado, os cafés recebem características pelo aroma carregado com notas de chocolate, caramelo e nozes, acidez delicada, corpo moderado, sabor adocicado com finalização longa (ALVES et al., 2011).

Os fatores que influenciam o sabor e aroma do café estão presentes na maneira em que a pré e pós-colheita são feitas, garantindo a qualidade final do produto. Entre esses fatores estão as variedades de café, o lugar e as técnicas de plantio, o amadurecimento dos grãos, a presença de microrganismos, as fermentações microbianas e enzimáticas, como o café beneficiado é armazenado e a torrefação dos grãos. No entanto, dependendo do método de processamento usado, existirão diferenças significativas nos atributos sensoriais de doçura, acidez e odor geral (CHALFOUN e FERNANDES, 2013; MALTA et al., 2013).

Os produtores são responsáveis por adotar medidas que garantem os cuidados no cultivo do café e na colheita, que deve ser realizada na hora certa, não podendo deixar de lado também as práticas de processamento e armazenamento. Os melhores lotes são selecionados, avaliados, processados, e colocados em torrefadores (COSTA, 2020).

A fermentação tem seu papel na qualidade do café sendo ela natural ou induzida por culturas iniciadoras. Segundo Silva et al. (2013), na pós-colheita do café, a fermentação com o uso de microrganismos iniciadores de cultura pode promover mudanças positivas no perfil sensorial da bebida final. Mesmo antes da colheita, os frutos e grãos podem sofrer fermentação, causada pela microbiota existente nas lavouras e condições de alta temperatura e umidade. Apesar dos processos fermentativos naturais acompanharem os frutos desde a maturação até sua secagem, aconselha-se evitar a fermentação natural não controlada (CHALFOUN; CARVALHO, 2000).

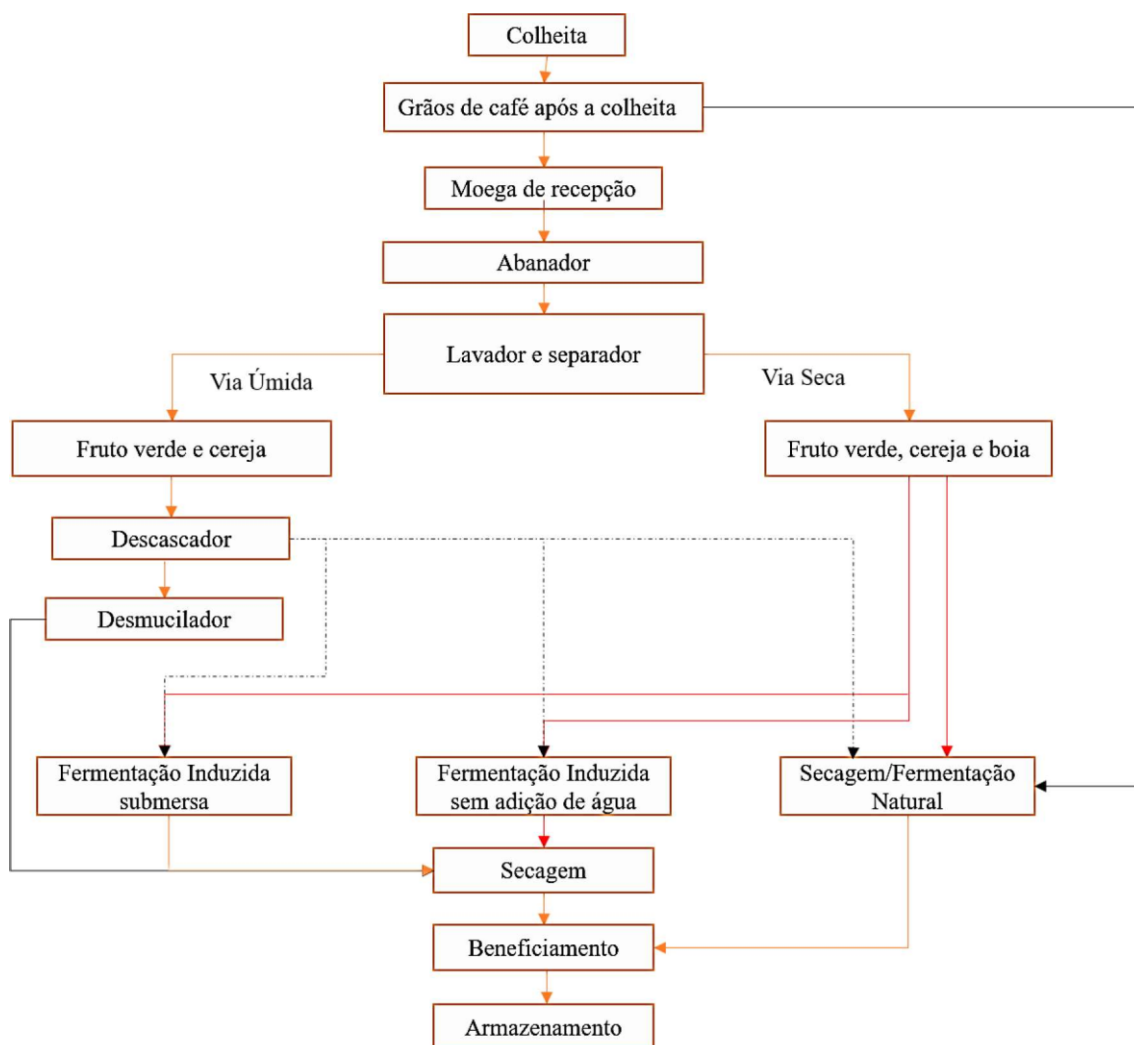
No decorrer da fermentação, os grãos sofrem alterações físicas e químicas, tais como redução no teor de água e açúcares e a formação de precursores responsáveis pelo aroma e sabor do café (VAAST et al., 2006). Os microrganismos desenvolvidos nesse processo de fermentação podem ser benéficos e agir positivamente, e então produzirem uma bebida de qualidade (PEREIRA et al., 2017). Deste modo, é importante avaliar a fermentação não somente como um processo de desmucilagem, mas também como geradora de produtos finais com qualidades sensoriais superiores (RODRIGUES, S. D. et al. 2020).

Alvez et al. (2020) avaliaram o efeito dos processos de fermentação anaeróbica controlada sobre a qualidade de bebida do Robusta Amazônico (*C. canephora*) no estado de Rondônia. Os frutos maduros em estágio cereja, colhidos seletivamente, foram lavados para a retirada dos frutos boias e submetidos a diferentes tratamentos: “maceração semicarbônica”, que consiste na fermentação seca natural em recipientes fechados, dotados de uma válvula para saída de gases oriundos da fermentação; fermentação submersa com adição de leveduras em tanques lacrados e com válvula para troca gasosa; processamento natural por via seca, que foi o grupo controle. Após a fermentação, os cafés foram secos em terreiro suspenso e depois submetidos a avaliação sensorial por provadores *Q-Graders*. A pontuação obtida pelos diferentes cafés não diferiu estatisticamente, mas observou-se dois grupos com atributos sensoriais distintos. O grupo de cafés que passou por maceração semicarbônica apresentou predominância de nuances frutado, caramelo e doce. Já o grupo de cafés fermentados com o uso de leveduras e o grupo controle apresentaram nuances herbal e cereal. Parte dos grãos foram armazenados por 10 ou 20 dias em recipientes fechados, possuindo apenas uma válvula que permite a saída de gases gerados durante a fermentação.

4.4. Processamento do café

Até que se torne uma bebida, o café passa por diversas etapas consideradas essenciais para sua excelência. As etapas de processamento e beneficiamento pós-colheita são apresentadas a seguir (Figura 8).

Figura 7: Fluxograma de Processamento e Beneficiamento do Café.



Fonte: A autora.

Para realizar a colheita, é necessário que os frutos do café se encontrem em forma de grãos cereja, o estágio ideal de maturação, para obter qualidade de bebida satisfatória. A colheita pode ser executada mecanicamente, manualmente ou por derriça em lona com ou sem derriçadora, conhecida também como “braço mecânico” do produtor afim de agilizar, facilitar e baratear os custos da colheita. Após ser realizada a colheita, os grãos de café podem ser conduzidos diretamente para a secagem ou direcionados para a moega, onde os grãos serão recepcionados. A etapa posterior a recepção se trata da abanação, mecânica ou manual, que tem como objetivo a retirada de impurezas leves como folhas, ramos, gravetos e outras impurezas. Em seguida, o café é direcionado ao lavador/separador. As impurezas pesadas, ou seja, mais densas como as pedras, paus e terra são removidos no lavador. Nesse processo de lavagem é onde também ocorre a

separação hidráulica do café, devido à diferença de densidade entre os grãos, dando origem a duas partes: os cafés que flutuam na água (secos, brocados, malformados e imaturos), geralmente nominados “boias”, e os frutos cerejas e verdes, que seguem no processo (BORÉM, 2008; CORADI et al., 2008; FILETE et al., 2020; SENAR, 2017).

Duas vias abordam as etapas principais do processamento do café até que ele chegue à secagem, são elas a via seca e a via úmida. A escolha do tipo de processamento a ser utilizado dependerá, sobretudo, das condições da econômicas do produtor, do tipo de bebida a ser produzido e da quantidade de café a ser processado (BORÉM, 2008; SENAR, 2017; VILELA, 2011). O processamento via seca, que resulta nos cafés naturais, é um processo no qual os frutos são processados de forma integral, ou seja, com a casca, produzindo frutos secos, denominado cocos, sendo este o processo mais simples e rústico de processamento do café. Esta via foi adotada no estudo de Livramento et al. (2017), no qual cerca de 150 L de café cereja após passarem pela lavagem e separação hidráulica, foram levados diretamente para o terreiro, constituindo assim o café natural (via seca). O café, nestas condições, durante a etapa de secagem passa pela fermentação natural, ou também pode ser conduzido a fermentações induzidas, que podem ser realizadas em recipientes como bombonas, tanques de alvenaria ou material metálico e até mesmo reatores, as quais utilizam culturas iniciadoras, com ou sem adição de água (BORÉM, 2008; BRESSANI et al., 2020; MALTA et al., 2013; FILETE et al., 2020).

São observadas algumas alterações no café ao ser processado pela via seca, conferindo a ele algumas características naturais ao se comparar com o café despolpado, podendo citar a coloração dos grãos, sendo que os cafés processados através da via seca apresentam coloração marrom-amarelada, enquanto os despolpados, verde-azulada. Além disso, cafés obtidos através da via seca possuem menor acidez e maior corpo, ou seja, possuem uma textura marcante e sabor acentuado na bebida, sendo ingrediente essencial para as ligas de café expresso (BORÉM, 2008; HUCH e FRANZ, 2015).

A via úmida consiste na remoção mecânica da casca, polpa e mucilagem (exocarpo e mesocarpo) e pode ser realizada de três formas distintas, adotadas atualmente: remoção mecânica da casca e parte da mucilagem, dando origem ao café descascado; remoção mecânica da casca e total da mucilagem (desmucilador mecânico), produzindo o café desmucilado; e por fim remoção da casca mecanicamente e da mucilagem por meio de fermentação natural, fermentação induzida com adição de água ou fermentação

induzida sem adição de água. Independentemente do processo úmido adotado, o descascamento é comum para todos eles. A remoção do exocarpo, ou remoção das cascas, é uma operação realizada nos descascadores de cereja (CORADI et al., 2008; BORÉM, 2008).

Em Malta et al. (2013) avaliaram a influência de diferentes métodos de processamento do café Catuaí Vermelho na qualidade sensorial final da bebida do café. Neste estudo, foram avaliados o processamento via seca, sem fermentação induzida; o processamento via úmida, utilizando o café desmucilado; o processamento via úmida, utilizando o café despulpado submetido à fermentação natural submersa. Os autores observaram que o café despulpado apresentou maior doçura e acidez que os demais. E na avaliação geral, o café obtido por via seca apresentou menor nota final que os outros cafés

No processamento por via úmida, a colheita exclusiva de frutos maduros, a remoção da casca e da mucilagem, o controle da fermentação e a secagem cuidadosa resultam, no geral, em cafés de melhor qualidade (CORADI et al., 2008; BORÉM, 2008).

A técnica semiseca é proveniente da via úmida. É um processo intermediário entre seco e úmido e resulta no chamado café natural despulpado. A diferença é que, após o despulpamento, a fermentação da mucilagem ocorre em terreiros. A vantagem desse modo de processamento é que o menor tempo de secagem porque os grãos já estão despulpados. Os grãos verdes produzido por essa via de processamento são geralmente usados em misturas de café expresso (MACHADO, 2019; SCHWAN, SILVA e BATISTA, 2012).

No processamento via seca, após a lavagem/separação, os grãos podem ser direcionados para uma etapa de fermentação induzida, que pode ser seca ou submersa em água, antes de seguirem para a secagem. Os grãos que são direcionados diretamente para a secagem acabam fermentando enquanto secam uma vez que a composição dos frutos do café possibilita o crescimento de microrganismos naturalmente presentes. No processamento via úmida, os cafés despulpados e descascados podem ser direcionados à fermentação induzida, seca ou submersa, ou podem ser direcionados para a etapa de secagem. O café desmucilado segue diretamente para a secagem, visto que os açúcares já foram removidos mecanicamente, há pouco ou nenhum substrato para fermentação. (BRESSANI et al., 2020, ALVEZ et.al., 2020, PEREIRA et al., 2020).

A secagem ocorre normalmente em terreiros, mas pode ser acelerada por secadores mecânicos. Os terreiros são pátios usados na secagem do café ao ar livre e podem ser de terra batida, pavimentados por lama asfáltica ou concreto, além de poderem ser cobertos como estufas ou suspensos formados por caixas retangulares. Nessa etapa, os grãos são cobertos com lona de plástico durante a noite, para evitar aumento de umidade. A secagem do café realizada com o uso de secadores mecânicos necessita de controle preciso do fluxo de ar e da temperatura resultando em um menor tempo de secagem. Pode ser feita, nessa etapa de secagem a combinação da secagem em terreiros com secadores mecânicos dependendo das condições do produtor. A secagem deve ocorrer até que os grãos atinjam umidade em torno de 11-12%. São vários os fatores que influenciam a secagem do café: método de secagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, velocidade do ar e tempo de secagem. A falta do controle dos fatores pode comprometer a qualidade do produto final. (BORÉM, 2008; MALTA et al., 2013; PIMENTA, CHARGAS e COSTA, 1997; SENAR, 2017).

Em Evangelista et al., (2015), após a fermentação, grãos de café foram colocados em plataformas suspensas para secagem ao sol até que atingissem aproximadamente 11% de umidade. Já em Lee et al., (2017) os grãos de café verdes fermentados foram secos em um forno a 70 °C para atingir 7% de umidade. Livramento et al. (2017) avaliaram dois métodos de secagem e constataram diferenças significativas na abundância de proteínas entre o grão seco no pátio e o secador a 60 °C, mostrando o potencial de algumas proteínas para serem utilizadas como marcadores de sabor e aroma de bebidas e controle de qualidade em processos pós-colheita.

Após secagem, os cafés são destinados ao beneficiamento, onde ocorre um conjunto de operações que transformam o "café em coco", ou "em pergaminho" já seco, em "café em grão", retirando resíduos de palha ou pergaminho. Essa etapa do processamento do café, se feita na fazenda pelo próprio cafeicultor, agrega valor ao seu produto, reduz volume a transportar, garante uma melhor estimativa da renda do seu café e possibilita o uso dos resíduos sólidos (palha ou pergaminho) para diferentes utilidades, que também podem ser coletados por empresas terceirizadas contratadas pelo produtor. Normalmente, o beneficiamento é composto pelas operações de recebimento, limpeza, descascamento e seleção por diferença de peso (BORÉM, 2008).

O processamento é feito por uma máquina, retirando-se a casca e o pergaminho dos grãos de café e separando-os, que é o produto final desejado. Nesse processo, pedras, paus e outras impurezas também são removidos. Os grãos inteiros e partidos, bem como aqueles cuja casca e / ou papel pergaminho não foram devidamente retirados, passam por um novo processo de separação e posteriormente a classificação. Esses lotes são identificados e acondicionados em sacos, bags ou a granel para serem transportados até o local de armazenamento (SENAR, 2017).

O armazenamento é a etapa final do processamento do café e consiste em basicamente manter a qualidade do produto até sua comercialização, permitindo a distribuição e os padrões de diferentes mercados. Quando a secagem foi interrompida ao alcançar a umidade desejada, o café é acondicionado em sacos de juta e armazenado em contêineres herméticos, localizados em ambientes com temperaturas e umidades relativas controladas durante todo o tempo de armazenamento. A qualidade do café depende das condições do armazenamento, onde diversas mudanças podem ocorrer, podendo resultar na redução da qualidade do café. O sabor, cor e aroma do café podem sofrer alterações por razões de ataque de fungos e insetos, além do próprio metabolismo dos frutos secos (naturais ou em pergaminho) ou do café beneficiado. Fatores como temperatura, umidade relativa do ambiente, concentração de CO_2 / O_2 , luz, qualidade inicial dos produtos armazenados, teor de umidade, estado de maturidade, tipo de armazenamento e outros fatores determinam o potencial de manter a qualidade do produto durante o armazenamento (BORÉM, 2008; CORADI et al., 2008).

4.5. Fermentação do café

Nas etapas de pré e pós-colheita, há transferência de microrganismos naturalmente presentes no ambiente para o fruto do café, fazendo com que a fermentação possa ocorrer no fruto do café desde a sua maturação, ainda na planta, até a etapa de secagem, a depender das condições ambientais. A ação microbiana durante o processo de fermentação pode dissolver o material da polpa ao redor das sementes e produzir vários produtos metabólicos, por exemplo, álcoois e ácidos orgânicos, como Ácido Lático, Ácido Málico, Ácido Cítrico, Ácido Succínico, classificados como bons, Ácido Acético, Ácido Propiônico e Ácido Butírico, determinados como ruins. Os resultados finais das fermentações podem ser positivos ou negativos, afetando não somente a qualidade

sensorial, mas também segurança alimentar do produto final (CHALFOUN e FERNANDES, 2013; PEREIRA et al., 2017).

A fermentação ocorre espontaneamente no café cereja e o tempo deste processo depende do estágio de amadurecimento, concentração de íons, variedade do café, temperatura, valor de pH, tipos de microrganismos e aeração. A temperatura e o pH, quando alterados, influenciam diretamente a taxa de fermentação. Durante esse processo ocorre a degradação do mesocarpo mucilaginoso aderido ao pergaminho por enzimas produzidas pelos microrganismos e os grãos de café absorvem os compostos provindos da fermentação da mucilagem, o que altera as características do café, podendo interferir nas frequências dos sabores especiais bem como nos compostos químicos e voláteis do café (RODRIGUES, CUNHA, ALMEIDA, 2020).

Essa degradação da mucilagem, ocorrendo em tempo excessivo, pode resultar em uma fermentação insatisfatória. Já quando a camada de mucilagem não é removida por completo, o processo de secagem sofre interferências da subfermentação, propiciando o crescimento de bactérias e fungos deteriorantes. O controle do processo de fermentação, a fim de evitar o crescimento de microrganismos desvantajosos, pode ser feito através de testes periódicos com pequenas amostras do tanque de fermentação, avaliando, por exemplo, temperatura e pH (PEREIRA et al., 2017).

Experimentos realizados por diversos autores descrevem a fermentação como a remoção da mucilagem até acontecer a diminuição da quantidade de água, resultando na secagem e ganho de qualidade dos frutos de café. No entanto, as enzimas presentes nesses frutos não são suficientes para degradar completamente a mucilagem, fazendo necessário que exista um crescimento microbiano para hidrolisar a pectina presente na mesma (SILVA et al., 2013). Os microrganismos presentes na fermentação do café dependem de alguns aspectos ambientais como umidade, temperatura e microbiota do solo. Além disso, eles dependem da atividade enzimática das espécies colonizadoras, método de processamento, sua operação antimicrobiana e a variedade do café e umidade dos grãos (HUCH e FRANZ, 2015).

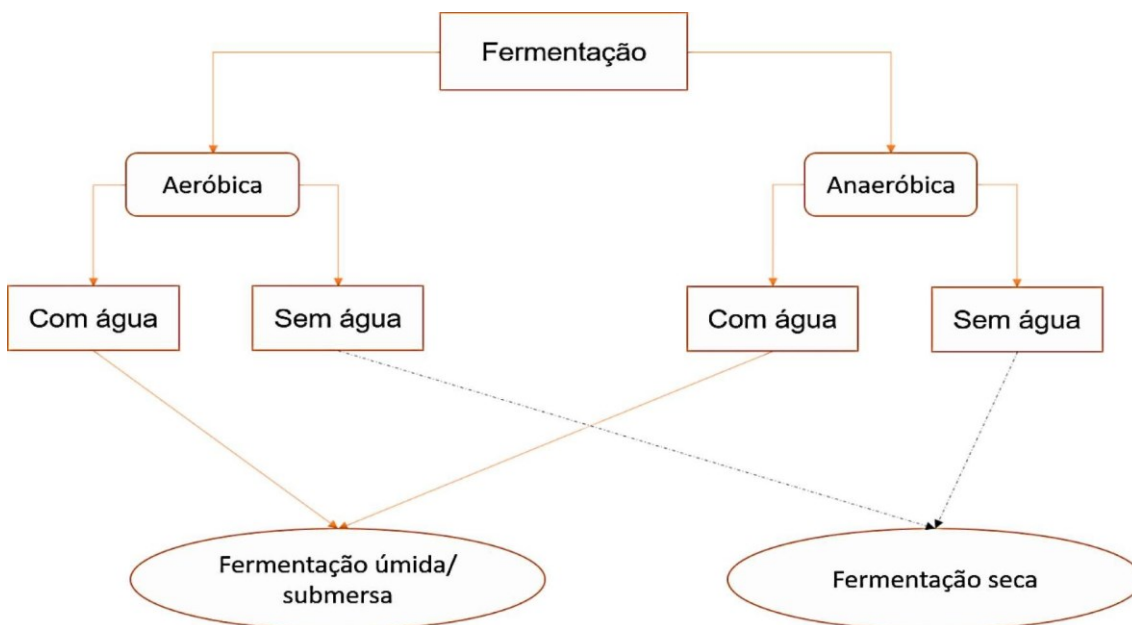
Os principais tipos de microrganismos presentes na fermentação do café são bactérias, como os *Lactobacillus spp.*, *Streptococcus spp.*, e leveduras, principalmente a *Sacchamoryces cerevisiae*. Uma das principais contribuições do processo de fermentação

do café se refere à produção de enzimas pectinolíticas ou pectinases. Essas enzimas são responsáveis pela degradação das substâncias pécicas presentes no fruto do café e são produzidas sobretudo por bactérias, fungos, leveduras e plantas superiores (CHALFOUN e FERNANDES, 2013; RODRIGUES, CUNHA, ALMEIDA, 2020).

Os microrganismos presentes na fermentação do café se associam às enzimas consideradas essenciais como a poligalacturonase que catalisa a hidrólise das ligações glicosídicas α -1.4 em ácido pécico (ácido poligalacturônico); pectina liase que atua catalisando a quebra da pectina por transeliminção, liberando ácidos galacturônicos insaturados. A terceira enzima é a pectina metilesterase, responsável por desfazer formação de éster do grupo metoxila da pectina formando ácido pécico e metanol (SILVA et al., 2013).

O processo de fermentação pode ser desenvolvido sob diferentes formas: fermentação aeróbica (com presença de O_2), com ou sem a adição de água, e fermentação anaeróbica (sem presença de O_2), com ou sem adição de água (Figura 9). O objetivo final é permitir a remoção da mucilagem do grão, sem ocorrência de fermentações indesejáveis (CHALFOUN e FERNANDES, 2013; FILETE et al., 2020).

Figura 8: Fluxograma das etapas de fermentação



Fonte: Autor próprio.

No processo conhecido como fermentação seca, os frutos do café podem ser fermentados em tanques, bombonas ou sacos plásticos, com a utilização ou não de O_2 ,

ocorrendo na ausência de água. Os recipientes onde ocorre a fermentação podem estar abertos ou fechados, sendo os processos em recipiente fechado mais fáceis de controlar o processo de anaerobiose. É de extrema importância que seja feito o monitoramento do tempo, pH e da temperatura neste processo, a fim de obter um maior controle dos metabólitos produzidos pelos microrganismos, para que atinjam as características desejadas e resultados mais homogêneos. A fermentação do café no sistema seco pode apresentar resultados satisfatórios em termos de qualidade da bebida (RODRIGUES, ALMEIDA E CUNHA, 2018; PIMENTEL, 2020; MUINHOS, 2019).

Filete et al. (2020) descreveram em seus estudos, após avaliar o processo seco empregando a inoculação de levedura *Saccharomyces cerevisiae* em ambiente anaeróbico e sem adição de água, a melhora significativa da qualidade sensorial da bebida do café.

A fermentação submersa, também citada em estudos como fermentação úmida, corresponde na colocação do fruto do café natural ou cereja descascado em tanques, sacos plásticos ou em bombonas, podendo estar fechados (anaeróbico) ou abertos (aeróbico) com a presença de água. A utilização de válvulas de liberação de CO₂ pode ser necessária durante o processo de fermentação em modelos fechados, para o alívio da pressão de dentro dos recipientes (CHALFOUN; FERNADES, 2013).

Vários estudos realizaram fermentações em café. Os frutos do café foram fermentados pelo método úmido no estudo conduzido por Evangelista et al. (2015), onde os grãos de *Coffea arabica* foram colhidos na maturação cereja, despolpados mecanicamente em máquina e fermentados por 48 h em tanque com 60 litros de água para retirada da mucilagem. O mesmo procedimento foi realizado por Filete et al. (2020), onde foi utilizado 2,4kg de café cereja descascado com adição de água em temperatura de 42°C, fermentado nos tempos de 36, 72, 96 e 144h.

Quando o cafeicultor deseja obter uma ótima bebida, com o intuito de diferenciar a qualidade de seu café, pode-se utilizar vários tempos de fermentação. Desse modo, medidas cautelosas quanto a escolha do sistema de fermentação, devem ser tomadas, assim como se atentar às características que se quer acentuar na bebida, com a finalidade de dar-lhe valor agregado ao produto (RODRIGUES, CUNHA, ALMEIDA, 2020).

4.6. Culturas iniciadoras do café

Entre os produtores de cafés especiais existe a procura por diferentes protocolos de fermentação induzida. Ao contrário da fermentação natural, o processo tem repetibilidade e o alvo é a obtenção de cafés de perfis sensoriais diferenciados ou exóticos, observados nas análises sensoriais (ALVEZ et.al.; 2020).

As culturas iniciadoras estão sendo usadas para a melhora da qualidade dos alimentos fermentados, possibilitando melhor controle da fermentação e maior qualidade do produto final (EVANGELISTA et al., 2014). Elas são constituídas por microrganismos selecionados, podendo ser formados por uma única ou múltiplas cepas, e estão sendo utilizadas também durante a fermentação do café, exercendo um papel importantíssimo na prevenção do crescimento de fungos filamentosos, especialmente produtores de ocratoxina A (OTA) (MASSAWE e LIFA, 2010), e no melhoramento da qualidade do processo de fermentação e qualidade final da bebida (EVANGELISTA et al., 2014).

Segundo Massawe e Lifa (2010), as leveduras *Pichia anomala*, *Pichia kluyveri* e *Lactobacillaceae* (LAB) apresentaram uma atuação apropriada na fermentação do café. Ao longo da fermentação, podem ser encontradas ocratoxinas, sendo que a *ocratoxina A* (OTA) é a mais dominante. A OTA demonstrou ser nefrotóxica, hepatotóxica, teratogênica, cancerígeno e imunossupressor. Por meio da aplicação dessas culturas iniciadoras foi possível bloquear o desenvolvimento da *Aspergillus ochraceus* e resultar em uma fermentação controlada de qualidade.

No estudo de Silva et al. (2013), quando o intuito foi isolar e selecionar microrganismos pectinolíticos de fermentações de café e avaliar seu comportamento em meio de cultura de polpa de café, utilizaram critérios para selecionar microrganismos para fermentação do café baseados na secreção de pectina liase, em mudanças físicas e químicas, na produção de compostos voláteis e na falta de produção de metabólitos indesejáveis que poderiam afetar negativamente as qualidades sensoriais ou de saúde do produto final. E logo após o sequenciamento, os microrganismos identificados foram *Bacillus cereus* UFLACN 445 e 446, *Bacillus megaterium* UFLACN 415, *Bacillus subtilis* UFLACN406, 452 e 463, *Candida parapsilosis* UFLACN 426, 431, 448, 449 e 730, *Pichia caribbica* UFLACN 706, *Pichia guilliermondii* UFLACN731 e *Saccharomyces cerevisiae* UFLACN 724 e 727.

Na literatura, vários estudos têm sido conduzidos de forma a desenvolver ou avaliar as culturas iniciadoras para a fermentação do café. A *S. cerevisiae* é um microrganismo muito utilizado, como nos estudos apresentados na Tabela 1.

Os cafés avaliados no estudo Alvez et al. (2020), independentemente do tratamento realizado, apresentaram potencial para produção de cafés especiais. Apesar de não ter sido observada diferenças estatísticas nas notas de qualidade da bebida entre os diferentes tratamentos, observou-se expressiva mudança dos atributos sensoriais nos tratamentos que passaram pela fermentação submersa dos grãos cereja descascado, utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. Devido ao período de armazenamento de seis meses, a percepção de sabores amadeirados e as do tipo cereal aumentaram. No entanto, essas diferenças sutis foram mencionadas apenas no processo de fermentação com leveduras.

Saccharomyces cerevisiae, foi utilizada por Bressani et al. (2020) em um tratamento feito com café cereja natural e café cereja despulpado, através da fermentação seca. A inoculação ocorreu através de dois processamentos, o seco e semi-seco, utilizando o método direto ou baldes de poliestireno. No método direto, os microrganismos foram pulverizados nos cafés cereja que tinham sido espalhados nos terreiros suspensos. A levedura também foi colocada em um balde de poliestireno contendo café cereja e transferido para os terreiros suspensos. A *S. cerevisiae* comportou-se de forma distinta de acordo com o método de inoculação (balde e direto) utilizado, tanto para os cafés cereja natural quanto para os cafés cereja despulpados, comprovando uma correlação entre levedura, método de inoculação e perfil de proteína. O tratamento com *S. cerevisiae* apresentou maior formação de picos de proteína. Maiores concentrações de proteínas no café estão relacionadas ao aumento de pirazina, que é relacionada a aromas de nozes, amêndoas e sabores doces. Já para o processamento semiseco, houve a diminuição da concentração, onde sugeriu-se a degradação das mesmas proteínas. O estudo realizou também inoculações no Catuaí Amarelo IAC-62' com *Candida parapsilosis* CCMA 0544, porém não apresentou diferenças para o número de picos protéicos entre o processamento natural e semi-seco pelo método de inoculação direta.

Tabela 1: Resultados obtidos a partir da utilização do inóculo *Saccharomyces cerevisiae* em café cereja e café cereja descascado em diferentes tipos de fermentação

Autores	Tipo de Café (CD/Cereja)	Processo de Fermentação	Inóculo (microrganismos)	Principais resultados obtidos
ALVEZ et.al., 2020	Café cereja descascado	Fermentação submersa	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> sp.	Percepção das notas amadeiradas e tipo cereal
BRESSANI et al., 2020	Café cereja despulpado - Catucaí Amarelo IAC-62'	Fermentação seca	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CCMA 0543	Manutenção do teor inicial das proteínas
BRESSANI et al., 2020	Café cereja natural -Catucaí Amarelo IAC-62'	Fermentação seca	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CCMA 0543	Aumento da concentração de proteínas
FILETE et al., 2020	Café cereja natural	Fermentação seca	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Aumento da qualidade global com o tempo de fermentação
FILETE et al., 2020	Café cereja descascado	Fermentação seca	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Tendência de estabilidade da qualidade e notas globais positivas
FILETE et al., 2020	Café cereja descascado Café cereja natural Catuaí vermelho	Fermentação submersa Fermentação seca	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Bactérias lácticas</i> Sem inóculo	Influência do tempo de fermentação na qualidade sensorial do café somente para alguns tratamentos.

Fonte: A autora

A degradação do açúcar tem como ativadores de sua indução, as proteínas. As proteínas do café também atuam como doadores de amônia ou sulfato de hidrogênio, após a deterioração de resíduos de aminoácidos, que são essenciais para produzir compostos voláteis que podem interferir no aroma final do café (DO LIVRAMENTO et al. 2017).

Filete et al. (2020), em seus estudos, avaliaram a qualidade dos cafés obtidos através de diferentes processamentos e tempos de fermentação, utilizando os cafés cerejas descascados e cafés cerejas naturais. Os autores realizaram fermentações secas e submersas utilizando como inóculo *Saccharomyces cerevisiae* comercial, vendida como fermento para pães, e bactérias lácteas contendo bifidobactérias e lactobacilos, também comercial. Para comparação, foram realizadas fermentações submersas sem adição de inóculo do café cereja e cereja despulpado. A qualidade do café foi avaliada para diferentes tempos de fermentação (36, 72, 96 e 144h) de acordo com a metodologia da SCA, em que *Q-graders* atribuíram notas aos cafés obtidos, avaliando os seguintes atributos: fragrância/aroma, ausência de defeitos (xícara limpa), uniformidade, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio/balanço, defeitos e avaliação global. Os autores observaram que o aumento do tempo de fermentação (até 144h) favoreceu a qualidade sensorial para os cafés naturais com fermentação seca com leveduras e bactérias lácteas. Para a fermentação submersa com bactérias lácteas, observou-se uma relação quadrática entre o tempo de fermentação e a qualidade sensorial, chegando a um tempo ótimo de cerca de 89 h. Para os cafés despulpados, observou-se influência do tempo de fermentação apenas para a fermentação seca com bactérias lácteas. Os resultados mostraram que, na maioria dos tratamentos avaliados, o tempo de fermentação não influenciou na qualidade final da bebida. De todos os tratamentos avaliados, o café que obteve maior pontuação foi o café que passou por fermentação seca e inoculado com *Saccharomyces cerevisiae*, obtendo notas de 86,5 e 89,3 para os cafés natural e despulpado, respectivamente. Estas notas foram maiores que para os cafés que não tiveram adição de inóculo, cujas maiores notas foram 81 para o café natural e 84,2 para o café despulpado. Todos os cafés despulpados obtiveram pontuação acima de 80, o que os classificam como cafés especiais. Para os cafés naturais, não obtiveram notas acima de 80 que é o café sem inóculo, no tempo de 96h, e o café que passou por fermentação submersa, inoculado com bactérias lácticas, nos tempos de 72 e 144 h não obtiveram.

Além disso, de acordo com Freitas (2018) a *Saccharomyces cerevisiae* com a viabilidade de auxiliar no controle e padronização do processo de fermentação e produção de bebidas com características sensoriais únicas, possui grande potencial como cultura inicial no processamento úmido de café. Essa levedura, torna o ambiente de fermentação seletivo devido o consumo de nutrientes e oxigênio e a formação de álcool.

Vários ácidos orgânicos são produzidos durante a fermentação, sendo eles, os ácidos acéticos, ácidos lácticos, os ácidos butíricos, especialmente os ácidos propiônicos, que se desenvolvem ao final das fermentações. O ácido láctico é um importante composto orgânico para a fermentação do café que contribui na acidificação da polpa não interferindo na qualidade do produto final. Ao contrário deste, a alta geração de ácido butírico, acético e propiônico pode indicar fermentação excessiva, o que leva à redução da qualidade da bebida, e desvantajosa (sabor ou cheiro desagradável) quando presente em concentrações superiores a 1 mg/mL. Altas concentrações de ácido interferem significativamente na percepção de outros sabores comuns, em especial os doces. Nos estudos de fermentação do café é comum avaliar os ácidos presentes uma vez que eles influenciam diretamente na qualidade sensorial final da bebida (Tabela 2) (PEREIRA et al. 2017; CARDOSO et al., 2021).

Tabela 2: Ácidos orgânicos produzidos por processos de fermentações inoculados com diferentes culturas iniciadoras.

Autores	Tipo de Café (CD/Cereja)	Processo de Fermentação	Inóculo (microrganismos)	Tempo de fermentação	Ácidos orgânicos produzidos
EVANGELISTA et al., 2015	Café cereja despolpado Acaiá	Fermentação úmida	Sem inoculação	48 horas	Ácido lático, ácido acético, ácido cítrico, ácido málico e ácido succínico
LEE et al., 2016	Grãos de café verdes	Fermentação seca	<i>Yarrowia lipolytica</i>	96 horas	Ácido Cítrico, ácido lático, ácido málico, ácido quinico, ácido succínico
EVANGELISTA, et al., 2014	Café cereja despolpado Acaiá	Fermentação seca e secagem simultâneas	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> UFLA YCN727 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> UFLA YCN724 <i>Candida parapsilosis</i> UFLA YCN448 <i>Pichia guilliermondii</i> UFLA YCN731	720 h	Ácido cítrico, ácido málico, ácido lático, ácido succínico, ácido acético
Ribeiro et al., 2016	Grãos de café descascado-Mundo Novo e Ouro Amarelo	Fermentação seca	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CCMA 0200 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> CCMA 0543	284 horas	Ácido cítrico, Ácido málico, Ácido succínico Ácido acético

Fonte: A autora.

Evangelista et al. (2015) conduziu um estudo sobre a diversidade microbiana envolvida na fermentação de café cereja despulpado submerso em tanque por 48 horas em duas principais regiões produtoras do Brasil, com diferentes características ambientais, usando métodos independentes de cultura. As fermentações seguiram o mesmo padrão apesar de serem feitas em locais diferentes, somente as temperaturas variaram de uma região para outra. Neste estudo, observou-se a produção de ácido acético e ácido láctico ao longo da fermentação, sendo que o ácido láctico foi o principal ácido encontrado, mas detectado no café apenas no final da fermentação. Os ácidos cítrico, málico e succínico também foram detectados, porém, esses encontrados durante a fermentação. Os ácidos propiônico e butírico, que podem prejudicar as características sensoriais do café, não foram detectados nesse estudo. O café da primeira fazenda exibiu um bom sabor cítrico e herbáceo, e o café da segunda fazenda exibiu, além desses sabores, a sensação de nozes características. Todas essas sensações são desejáveis na bebida final do café, a mesma pode ser afetada pela presença de compostos voláteis que varia de região para região. A presença de diferentes espécies microbianas em cada região e a produção de compostos voláteis devido a atividade microbiana durante a fermentação, também pode ter contribuído para esta diferença.

O grão verde possui ácidos próprios presentes em sua composição, estes resultam em características sensoriais distintas como por exemplo, o ácido cítrico proporciona sabor limão, o ácido láctico um sabor amanteigado e o ácido málico proporciona sabor maçã (CARDOSO et al., 2021). Em Lee et al. (2016) os ácidos orgânicos ácidos cítrico, láctico, málico, quínico e succínico foram detectados nos grãos de café verde após fermentação seca utilizando *Yarrowia lipolytica*. Nesse processo notou-se a diminuição significativa na concentração dos ácidos cítrico e succínico após a fermentação. O mesmo ocorrido foi constatado em diferentes estudos que documentaram a utilização desses ácidos como fontes de carbono. Altas concentrações de ácido succínico e ácido quínico, traços de ácido acético e ácido tartárico e diminuição do ácido cítrico, foram os efeitos da fermentação de *Yarrowia lipolytica* nos perfis não voláteis.

Os ácidos orgânicos também são responsáveis por auxiliar na formação da acidez, pois tendem a produzir quantidades significativas de íons hidrogênio. A ordem de intensidade desses ácidos presentes no café é comumente dada como tartárico, cítrico, málico, láctico e ácido acético (CARDOSO et al., 2021). As culturas iniciadoras *S. cerevisiae* UFLA YCN727, *S. cerevisiae* UFLA YCN724, *C. parapsilosis* UFLA

YCN448 e *P. guilliermondii* UFLA YCN731 foram avaliadas no estudo de Evangelista et al. (2014), utilizando a via semi-seca e fermentação seca e os ácidos orgânicos encontrados foram: ácido cítrico, ácido málico, ácido succínico, ácido láctico e ácido acético. Os que predominaram durante a fermentação foram o ácido láctico, acético e succínico. Os ácidos oxálico, tartárico, butírico e propiônico não foram detectados em qualquer uma das amostras analisadas. Os ácidos láctico e acético foram encontrados em maior concentração nos tratamentos inoculados com UFLA YCN727 e UFLA YCN448. Os ácidos lácticos, succínico, acético e málico detectados neste trabalho, em geral, aumentaram a acidez do produto final, sendo sua presença desejável. As culturas iniciadoras utilizadas neste trabalho não contribuíram com a produção de ácidos indesejáveis como os ácidos butírico e ácido propiônico, portanto atuaram positivamente na qualidade final do café, sendo muito favorável para uso como inoculante na fermentação do café.

Os ácidos cítrico, málico, succínico e acético também foram detectados e quantificados em todas as amostras analisadas no estudo de Ribeiro et al. (2016). Duas variedades de grãos de café (Ouro Amarelo e Mundo Novo) foram inoculadas com duas culturas *Saccharomyces cerevisiae* - CCMA 0200 e CCMA 0543 (antiga UFLA YCN727) durante a fermentação. Alguns ácidos aumentaram suas concentrações, enquanto outros diminuíram. Resultados semelhantes foram encontrados por Evangelista, Miguel et al. (2014) e Evangelista, Silva et al. (2014) usando *S. cerevisiae* UFLA YCN727 como cultura inicial do café Acaiá. *S. cerevisiae* CCMA 0200 e CCMA 0543 favoreceram a produção de ácidos desejáveis, como cítrico e ácido succínico, portanto, eles interferiram positivamente o final qualidade do café, sugerindo seu potencial uso como inoculante na fermentação do café.

O uso de culturas iniciadoras na fermentação também altera o perfil sensorial final da bebida do café, como pode ser observado nos estudos apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Mudanças do sabor do café por meio de fermentação induzida utilizando diferentes culturas iniciadoras.

Autores	Tipo de Café (CD/Cereja)	Processo de Fermentação	Inóculo (microrganismos)	Análise sensorial
Rodrigues et al., 2020	Café cereja descascado - Catuaí Vermelho	Fermentação submersa	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> JP14	amêndoa torrada light frutado vinho licor açúcar de testa
Rodrigues et al., 2020	Café cereja descascado - Catuaí Vermelho	Fermentação submersa	<i>Pediococcus acidilactici</i> CCT	chocolate ao leite / floral / vinho / caramelo / doce / mel / acidez de laranja
Martins et al., 2019	Catuaí cereja descascado	Fermentação submersa	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CCMA 0200 <i>Torulaspora delbrueckii</i> CCMA 0684	sabores e aromas de caramelo, frutas amarelas, açúcar mascavo, herbáceo e floral
Martins et al., 2019	Mundo Novo – cereja descascado	Fermentação submersa	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CCMA 0200 <i>Torulaspora delbrueckii</i> CCMA 0684	sabores e aromas de caramelo, açúcar mascavo, herbáceo e mel

Fonte: A autora.

Rodrigues et al. (2020) avaliaram o perfil sensorial de amostras inoculadas com leveduras, submetidas a fermentação submersa. Embora não observaram diferença significativa nas notas resultantes da análise sensorial dos diferentes cafés obtidos, os cafés fermentados com microrganismos diferentes apresentaram aromas diferentes em relação ao controle. Apesar do controle apresentar somente aroma de doce, mel e

especiarias, o café fermentado com *Saccharomyces cerevisiae* JP14 apresentou atributos sensoriais de amêndoa torrada, light frutado, vinho, licor e açúcar de testa. Já o café fermentado com a bactéria ácido láctica *Pediococcus acidilactici* CCT 1622 foi descrito com aromas de chocolate ao leite, floral, vinho, caramelo, doce, mel e acidez de laranja.

A utilização de diferentes culturas iniciadoras no mesmo processo de fermentação pode resultar em um perfil sensorial totalmente diferente, assim como em Martins et al. (2019), onde se obteve cafés com características sensoriais diferentes de Rodrigues et al. (2020) mesmo realizando a fermentação submersa. Martins et al. (2019) estudaram a fermentação de duas variedades de café, Catucaí e Mundo Novo, inoculados com *Saccharomyces cerevisiae* CCMA 0200 ou *Torulaspora delbrueckii* CCMA 0684. Uma análise sensorial dos cafés foi realizada, e alguns atributos se destacaram. A variedade Catucaí apresentou sabores e aromas de caramelo, frutas amarelas, açúcar mascavo, herbáceo e floral, já a variedade Mundo Novo se caracterizou pelos sabores e aromas de caramelo, açúcar mascavo, herbáceo e mel. O uso de culturas iniciadoras na fermentação do café possibilita a obtenção de cafés especiais, como apresentado nos estudos da Tabela 4.

Os cafés avaliados no estudo de Martinez (2017), apresentaram ótimas pontuações. Neste estudo, os cafés cerejas despolpados da variedade Catucaí Amarelo, passaram pela fermentação seca, inoculados com *Saccharomyces cerevisiae* CCMA 0543, *Candida parapsilosis* CCMA 0544 e *Torulaspora delbrueckii* CCMA 0684. As bebidas de café produzidas usando métodos de inoculação direta alcançaram pontuações de 80,8 para o tratamento com *T. delbrueckii* (CCMA 0684), 81,0 para o tratamento com *C. parapsilosis* (CCMA 0544) e 81,3 para o tratamento com *S. cerevisiae* (CCMA 0543). Os cafés de todos os tratamentos avaliados alcançaram pontuações acima de 80,0 que os classificam como cafés especiais segundo a classificação pelo método SCA. Um estudo semelhante foi elaborado por Martins et al. (2019) que apresentaram uma avaliação sensorial dos cafés da variedade Catucaí e Mundo Novo. Apesar dos cafés cereja despolpados terem passado por uma fermentação úmida neste estudo, as pontuações foram praticamente iguais para *S. cerevisiae* CCMA 0200, 81,0 pontos, e diferentes para *T. delbrueckii* CCMA 0684, que foi de 82,0 pontos. A variedade Mundo Novo também foi avaliada, passando pela fermentação submersa e apresentou pontuações diferentes, mesmo sendo inoculada pelos mesmos microrganismos. Os cafés da variedade Mundo Novo, nesse trabalho não se enquadraram na categoria de cafés especiais, pois suas

pontuações foram de 79,0 e 79,3, *S. cerevisiae* CCMA 0200 e *T. delbrueckii* CCMA 0684, respectivamente.

Tabela 4: Pontuações do método SCA aplicadas em fermentações induzidas utilizando diferentes inóculos.

Autores	Tipo de Café (CD/Cereja)	Processo de Fermentação	Inóculo (microrganismos)	Pontuação
MARTINEZ et al., 2017	Café cereja despolpado - Catuaí Amarelo	Fermentação seca	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CCMA 0543	80,8
MARTINEZ et al., 2017	Café cereja despolpado - Catuaí Amarelo	Fermentação seca	<i>Candida parapsilosis</i> CCMA 0544	81,0
MARTINEZ et al., 2017	Café cereja despolpado - Catuaí Amarelo	Fermentação seca	<i>Torulaspora delbrueckii</i> CCMA 0684	81,3
MARTINS et al., 2019	Café cereja despolpado – Catuaí	Fermentação úmida	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CCMA 0200	81,0
MARTINS et al., 2019	Café cereja despolpado - Catuaí	Fermentação úmida	<i>Torulaspora delbrueckii</i> CCMA 0684	82,0
MARTINS et al., 2019	Café cereja despolpado – Mundo novo	Fermentação úmida	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CCMA 0200	79,0
MARTINS et al., 2019	Café cereja despolpado Mundo Novo	Fermentação úmida	<i>Torulaspora delbrueckii</i> CCMA 0684	79,3

Fonte: A autora.

Os métodos de fermentação, com diferentes microrganismos, promovem inúmeras interações bioquímicas, resultando em uma mudança no perfil sensorial e físico-

químico do café. Os compostos orgânicos também contribuem para a pontuação relacionada à qualidade sensorial da bebida como resultado positivo e desejado das fermentações induzidas ou naturais, é notório, o aumento na nota global dos cafés, atingindo notas que os classificam como especiais.

5 CONCLUSÃO

A obtenção de cafés especiais através de fermentações naturais ou induzidas, depende de diversos fatores que interferem diretamente na qualidade das bebidas, sendo o principal a colheita dos frutos no estágio de maturação cereja que é onde tudo se inicia. A produção dos metabólitos e o perfil sensorial da bebida final sofreu influências da variedade de café, do processamento por via seca ou via úmida, fermentação seca ou submersa e da linhagem de microrganismo. É possível obter cafés classificados como especiais, com características sensoriais diferenciadas, utilizando culturas iniciadoras, desde que o processo seja bem delineado, como a escolha certa da variedade de café, do processamento, do microrganismo utilizado e da forma de condução da fermentação.

REFERÊNCIAS

- ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. **Categorias de Qualidade do Café**. 2020. Disponível em: <https://www.abic.com.br/recomendacoes-tecnicas/categorias-de-qualidade-do-cafe/>. Acesso em: 12 abril 2021.
- ALVES, H. M. R. *et al.* **Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 18-29, 2011.
- ALVEZ, E. A. *et al.* **Efeito da fermentação na qualidade da bebida de robustas amazônicos**. Embrapa Rondônia-Artigo em periódico indexado, v. 6, n. 3, p.159-170, 2020.
- BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café** –Lavras Ed. UFLA, 2008.
- BRASIL, Governo do. **Exportação de café deve bater novo recorde em 2020, projeta setor**. 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2020/01/exportacao-de-cafe-deve-bater-novo-recorde-em-2020-projeta-setor> >. Acesso em: 10 junho 2021.
- BRESSANI, A. P. P. *et al.* **Coffee protein profiles during fermentation using different yeast inoculation methods**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 55, 2020.
- BSCA - Associação Brasileira de Cafés Especiais. Disponível em: <https://brazilcoffeenation.com.br/a-bsca> . Acesso em: 09 maio 2021.
- CARDOSO, W. S., *et al.*, **Aspectos Bioquímicos de Fermentação do Café**. Livro: Determinantes da Qualidade na Produção de Café, editora Springer, p. 149-208, 2021.

- CARVALHO, L. G. de *et al.* **Modelo de regressão para a previsão de produtividade de cafeeiros no Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.2/3, p.204-211, 2004.
- CCCMG, Centro do Comércio de Café do Estado de Minas Gerais. **Exportações dos Cafés do Brasil somam 44,5 milhões de sacas em 2020 e batem recorde histórico**. Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (Cecafé). 2021. Disponível em: <http://cccmg.com.br/exportacoes-dos-cafes-do-brasil-somam-445-milhoes-de-sacas-em-2020-e-batem-recorde-historico/>.
- CHALFOUN, S. M.; FERNANDES, A. P. **Efeitos da fermentação na qualidade da bebida do café**. Visão Agrícola, USP, p. 105-108, 2013.
- COLTRO, L. *et al.* **Environmental profile of Brazilian green coffee (6 pp)**. The International Journal of Life Cycle Assessment, v. 11, n. 1, p. 16-21, 2006. <https://doi.org/10.1065/lca2006.01.230>.
- CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. **Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, n. 2, p. 181-188, 2008.
- CORADI, P.; BORÉM, F. M. **Alterações dos parâmetros físico químicos na qualidade de bebida do café natural e despulpado em função de diferentes tipos de secagem e condição de armazenamento**. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, n. 11, p. 54-63, 2009.
- COSTA, B. De R. **Brazilian specialty Coffee scenario**. In: Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil. Woodhead Publishing, p. 51-64, 2020.
- DALVI, Leandro Pin. **Qualidade dos cafés verde-cana e cereja preparados por via úmida**. 2011. Tese (Pós-Graduação em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- DO LIVRAMENTO, K. G. *et al.* **Proteomic analysis of coffee grains exposed to different drying process**. Food chemistry, v. 221, p. 1874-1882, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.069>.
- DOS SANTOS SCHOLZ, M. B. *et al.* **The typicity of coffees from different terroirs determined by groups of physico-chemical and sensory variables and multiple factor analysis**. Food Research International, v. 114, p. 72-80, 2018.
- EVANGELISTA, S. R. *et al.* **Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (Coffea arabica) fermentation process**. Food Microbiology, v. 44, p. 87-95, 2014.
- EVANGELISTA, S. R. *et al.* **Microbiological diversity associated with the spontaneous wet method of coffee fermentation**. International Journal of Food Microbiology, v. 210, p. 102-112, 2015.
- FERRÃO, R. G., *et al.* **Porcentagem de café cereja, verde, seco e chocho no cafeeiro arábica conduzido com a poda programada de ciclo**. In: Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras. 2018.
- FILETE, C. A. *et al.* **Fermentação anaeróbica no café arábica e seu impacto no perfil sensorial**. Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco, v. 6, n. 3, p. 112-123, 2020. <https://doi.org/10.36524/ric.v6i3.859>.
- FREITAS, Valdeir Viana. **Avaliação da fermentação do café arábica com uso de culturas starters**. 2019. Dissertação (Pós graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.
- GUIMARÃES, A. F.; DE SOUZA, J. P.; DE ALENCAR SCHIAVI, S. M. **Atributo de qualidade e mecanismos de mensuração no subsistema de cafés especiais no Brasil: uma revisão de literatura**. Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 15, n. 2, p. 227, 2020.

- HUCH, M.; FRANZ, C. M. A. P. **Coffee: Fermentation and microbiota**. In: Advances in fermented foods and beverages. Woodhead Publishing, p. 501-513, 2015.
- JUNIOR, D. B. *et al.* **Microbial fermentation affects sensorial, chemical, and microbial profile of coffee under carbonic maceration**. Food Chemistry, v. 342, p. 128296, 2021.
- KIST, B. B., SANTOS, C. E., CARVALHO, C. e BELING, R. R. **Anuário brasileiro do café**. Ed. Gazeta, 2019.
- LEE, L. W. *et al.* **Modulation of the volatile and non-volatile profiles of coffee fermented with *Yarrowia lipolytica*: I. Green coffee**. LWT, v. 77, p. 225-232, 2017a.
- LEE, L. W. *et al.* **Modulation of the volatile and non-volatile profiles of coffee fermented with *Yarrowia lipolytica*: II. Roasted coffee**. LWT, v. 80, p. 32-42, 2017b.
- MACHADO, M. A. **Estudo das condições de fermentação do café**. 2019. 3 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/29102>.
- MALTA, M. R. *et al.* **Alterações na qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento e secagem**. Revista Engenharia na Agricultura-Reveng, v. 21, n. 5, p. 431-440, 2013.
- MARTINEZ, S. J. *et al.* **Different inoculation methods for semi-dry processed coffee using yeasts as starter cultures**. Food Research International, v. 102, p. 333-340, 2017.
- MARTINS, P. M. M. *et al.* **Production of coffee (*Coffea arabica*) inoculated with yeasts: impact on quality**. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 99, n. 13, p. 5638-5645, 2019.
- MASSAWE, G. A., & LIFA, S. J. **Yeasts and lactic acid bacteria coffee fermentation starter cultures**. International Journal of Postharvest Technology and Innovation, v. 2, p. 41, 2010.
- MATIELLO, J. B. **Ajuste de rendimento em cafés colhidos em diferentes estágios de maturação**. Café Point, AgriPoint. 2019. Disponível em: < <https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/ajuste-de-rendimento-em-cafes-colhidos-em-diferentes-estagios-de-maturacao-216588/> >. Acesso em: 08 junho 2021.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. W. R. **Cultura de café no Brasil: Manual de recomendações**: ed. 2015. Futurama, p. 585.
- MUINHOS, R. *et al.* **Fermentação de café**. 2019. Disponível em: < <http://buenavistacafe.com.br/blog/2019/06/08/fermentacao-de-cafe/> >. Acesso em: 30 maio 2021.
- PEREIRA V. M., G. *et al.* **Microbial ecology and starter culture technology in coffee processing**. Critical reviews in food science and nutrition, v. 57, n. 13, p. 2775-2788, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1067759>.
- PEZZOPANE, J. R. M. *et al.* Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. Bragantia, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003.
- PIMENTA, C. J., CHAGAS, S. J. R., COSTA, L. **Polifenoloxidase, lixiviação de potássio e qualidade de bebida do café colhido em quatro estádios de maturação**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 32, n. 2, p. 171-177, 1997.
- PIMENTA, C. J.; COSTA, L.; CHAGAS, S. J. de R. **Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação**. Edição Especial: café. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, n. 1, p. 23-30, 2000.
- PIMENTEL, C. V. **Grãos de café submetidos a diferentes tempos de fermentação a seco e sob água**. 2020. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Centro Universitário Sul de Minas -Unis Mg, Varginha- Mg, 2020.

- PIRES, M. de M. *et al.* **Impactos do crescimento do consumo de cafés especiais na competitividade inter-regional da atividade cafeeira.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 41, n. 3, p. 53-71, 2003.
- RIBEIRO, L. S. *et al.* **Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage.** Food Research International, v. 92, p. 26-32, 2017.
- RIBEIRO, L. S. *et al.* **The use of mesophilic and lactic acid bacteria strains as starter cultures for improvement of coffee beans wet fermentation.** World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 36, n. 12, p. 1-15, 2020.
- RODRIGUES, G. Z.; DA CUNHA, L. T.; ALMEIDA, G. R. R. **Desenvolvimento e validação da fermentação controlada de frutos do café no pós-colheita em diferentes tempos.** Revista Agro veterinária do Sul de Minas, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2020.
- RODRIGUES, S. D. *et al.* **Sensory q-grader evaluation of fermented arabica coffees by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and lactic bacteria (*Pediococcus acidilactici*) cultures.** Coffee Science, v. 15, 2020.
- SANTOS, J. A.; SIMÃO, J. B. P. **Avaliação de conformidade da agricultura do Caparaó Capixaba nos processos de produção integrada visando a certificação de café.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 2, p. 40, 2015.
- SCA - *Specialty Coffee Association*. **Metodologia Scaa De Avaliação De Cafés Especiais Guia Rápido – Green Coffee.** Disponível em: < [903-SCAACuppingMethod_RESUMO_3a.pdf](#) (coffeetraveler.net) >. Acesso em: 27 maio 2021.
- SCHWAN, R. F.; SILVA, C. F.; BATISTA, L. R. **Coffee fermentation.** Handbook of plant-based fermented food and beverage technology, p. 677-690, 2012.
- SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Café: cafés especiais.** Brasília. p. 104, 2017.
- SILVA, C. F. *et al.* **Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation.** World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 29, n. 2, p. 235-247, 2013.
- SILVA, W. *et al.* **Métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro.** Enciclopédia Biosfera, v. 7, n. 13, 2011.
- UCDA - UGANDA COFFEE DEVELOPMENT AUTHORITY. **Protocolos para Degustação do Robusta.** PSCB 123/10. Londres, Inglaterra, jun. 2010.
- VAAST, P. *et al.* **Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2006.
- VILELA, D. M. *et al.* **Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.).** Food Microbiology, v. 27, n. 8, p. 1128-1135, 2010.
- VILELA, D. M. **Seleção in vitro de culturas iniciadoras para fermentação de frutos de café (*Coffea arabica* L.) processados via seca e semi-seca.** 2011. Tese (Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - Mg, 2011.